

## Eficacia biológica de compuestos químicos aplicados al suelo y follaje contra *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) en *Citrus latifolia* Tanaka\*

### Biological efficacy against *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) of chemical compounds applied to the soil and foliage in *Citrus latifolia* Tanaka

Luis Martín Hernández Fuentes<sup>1§</sup>, José Isabel López Arroyo<sup>2</sup>, José Joaquín Velázquez Monreal<sup>3</sup>, Mario Alfonso Urías López<sup>1</sup>, Rafael Gómez Jaimes<sup>1</sup> y Agustín Robles Bermudez<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental Santiago Ixcuintla- INIFAP. Entronque a Santiago Ixcuintla, km. 6. Carretera Internacional México-Nogales. Santiago Ixcuintla, Nayarit, México. C. P. 63300. (hernandez.luismartin@inifap.gob.mx; lpez.joseisabel@inifap.gob.mx; velazquez.josejoaquin@inifap.gob.mx; nitsugarobles@hotmail.com). <sup>2</sup>Campo Experimental General Terán- INIFAP. General Terán, Nuevo León, México. A. P. 3. C. P. 67400. <sup>3</sup>Campo Experimental Tecomán- INIFAP. Carretera Colima-Manzanillo, km 35. Tecomán, Colima, México. A. P. 88. C. P. 28100. <sup>4</sup>Universidad Autónoma de Nayarit. Unidad Académica de Agricultura. Carretera Tepic-Compostela, km 9. Xalisco, Nayarit, México. C. P. 63780. <sup>§</sup>Autor para correspondencia: hernandez.luismartin@inifap.gob.mx.

## Resumen

La superficie de cítricos en México es superior a 532 mil hectáreas. Esta área se encuentra en peligro por la reciente detección de la bacteria *Candidatus Liberibacter asiaticus* en algunos estados y por la amplia distribución del vector *Diaphorina citri*. El objetivo fue evaluar compuestos químicos aplicados al suelo y follaje contra *D. citri* en lima persa. Se hicieron dos evaluaciones en campo durante 2011. Con aplicaciones de espirotetramato e imidacloprid al follaje y al suelo y spinosad y avermectina sólo al follaje. En la primera evaluación, tres días después de la aplicación, el espirotetramato (400 mL/ha) e imidacloprid (300 mL ha<sup>-1</sup>) aplicados al follaje ejercieron una disminución de ninfas de 78.8% y 93.54%. El imidacloprid (300 mL ha<sup>-1</sup>) aplicado al suelo, spinosad (0.1 L ha<sup>-1</sup>) y avermectina (0.1 L ha<sup>-1</sup>), tuvieron 69.8%, 70.6% y 61.6% menos ninfas que el testigo. En la segunda evaluación, el imidacloprid aplicado al follaje disminuyó 81.9% la población de ninfas en brotes. El menor promedio de ninfas por brote en diversas fechas de muestreo se obtuvo con los tratamientos de espirotetramato e imidacloprid al follaje, 89.6% y 87.5% menos que el testigo, respectivamente. De los productos evaluados el imidacloprid y espirotetramato aplicados al follaje ejercieron mayor efecto contra *D. citri*.

## Abstract

The citrus acreage of Mexico exceeds 532 000 hectares. This area is endangered by the recent detection of the bacterium *Candidatus Liberibacter asiaticus* in some states and by the wide distribution of the vector *Diaphorina citri*. The aim of this study was to evaluate the efficiency against *D. citri* of chemical compounds applied to the soil and foliage in Persian lime. Two field evaluations were made during 2011 with applications of spirotetramat and imidacloprid to foliage and soil, and of spinosad and avermectin only to foliage. In the first evaluation, the spirotetramat (400 mL/ha) and the imidacloprid (300 mL ha<sup>-1</sup>), applied to foliage, caused a decrease of nymphs of 78.8%-93.54% three days after the application. The Imidacloprid (300 mL ha<sup>-1</sup>), applied to the soil, the spinosad (0.1 L ha<sup>-1</sup>), and the avermectin (0.1 L ha<sup>-1</sup>), had 69.8%, 70.6% and 61.6% less nymphs than the control treatment. In the second evaluation, imidacloprid, applied to the foliage, decreased the population of nymphs in shoots by 81.9%. The lowest average of nymphs per shoot in various sampling dates was obtained with the spirotetramat and imidacloprid treatments applied to foliage; 89.6% and 87.5% less

\* Recibido: mayo de 2012  
Aceptado: enero de 2013

**Palabras clave:** *Diaphorina citri*, control químico, lima persa.

## Introducción

La superficie de cítricos en México supera las 532 mil hectáreas, de las cuales 63.74% corresponde a naranja (*Citrus sinensis* L.) en sus diferentes variedades, 15.8% a limón mexicano (*Citrus auratifolia* Chistm.), 12.11% a lima persa (*Citrus latifolia* Tanaka) y el resto a mandarinas (*C. reticulata*), tangerinas (*C. tangerina*) y pomelos (*C. paradisi*), estas producen anualmente 6.57 millones de toneladas de fruta (SIAP, 2010) lo que sitúa al país en el cuarto lugar mundial en producción (FAOSTAT, 2010).

Diversos insectos se encuentran asociados a los cítricos, algunos como el psílido asiático de los cítricos (PAC) *Diaphorina citri* Kuwayama, son considerados plagas importantes. Las primeras detecciones en México de éste insecto fueron en el año 2002 en la Península de Yucatán, actualmente se encuentra en todos los estados productores de cítricos. El PAC se alimenta de la savia de especies vegetales de la familia Rutaceae, ataca especies silvestres y cultivadas, principalmente limas y limones (Aubert, 1987), en una lista de hospedantes publicada por Halbert y Manjunath (2004) se incluyen 54 especies.

El insecto provoca daños en los brotes tiernos y en fuertes infestaciones causa la caída de follaje y flores (Rogers y Stansly, 2006). El PAC destaca por su importancia como vector de la bacteria *Candidatus Liberobacter* causante de la enfermedad Huanglongbing (HLB), la cual es una de las enfermedades más destructivas de cítricos (Bové, 2006). Las ninfas de cuarto y quinto instar al igual que los adultos son capaces de transmitir la bacteria (EPPO, 2005). El HLB fue detectado en Yucatán en 2009 en muestras del PAC (SENASICA, 2009).

La transmisión de HLB inicia cuando las ninfas maduras se alimentan de una planta enferma, la bacteria ingresa, circula y se propaga en el cuerpo del insecto mientras que llega al estado adulto y transmite la enfermedad a plantas sanas (Anónimo, 2010). Hasta junio de 2011, la bacteria se había detectado en 117 municipios en el Pacífico mexicano y se habían eliminado 8 355 árboles en huertos comerciales (SENASICA, 2011).

than the control, respectively. Of the products evaluated, the spirotetramat and the imidacloprid, when applied to foliage, exerted the greatest effect against *D. citri*.

**Keywords:** *Diaphorina citri*, Persian lime, chemical control.

## Introduction

The citrus acreage of Mexico exceeds 532 000 hectares, of which 63.74% correspond to orange (*Citrus sinensis* L.) in its different varieties; 15.8% to Mexican lemon (*Citrus auratifolia* Chistm.); 12.11% to Persian lime (*Citrus latifolia* Tanaka) and the rest to mandarins (*C. reticulata*), tangerines (*C. tangerina*) and grapefruit (*C. paradisi*); these hectares produce 6.57 million tons of fruit annually (SIAP, 2010) which places the country fourth in the world with respect to production (FAOSTAT, 2010).

Various insects are associated with citrus; some, such as the Asian citrus psyllid (PAC) *Diaphorina citri* Kuwayama, are considered major pests. This insect was first detected in Mexico in 2002, in the Yucatan Peninsula, but now it is found in all the citrus-producing states. The PAC feeds on the sap of plants of the family Rutaceae, attacking wild and cultivated species, mainly limes and lemons (Aubert, 1987); a host list published by Halbert and Manjunath (2004) included 54 species.

The insect causes damage to the shoots and, when there are heavy infestations, it causes the fall of foliage and flowers (Rogers and Stansly, 2006). The PAC is noted for its importance as a vector of the *Candidatus Liberobacter* bacteria, which causes the Huanglongbing (HLB) disease, which is one of the most destructive diseases of citrus (Bové, 2006). Fourth and fifth instar nymphs, the same as adults, are capable of transmitting the bacteria (EPPO, 2005). The HLB was detected in Yucatan in 2009 in samples of PAC (SENASICA, 2009).

HLB transmission starts when mature nymphs feed on an infected plant; the bacteria enter, circulate and spread in the body of the insect while reaching the adult stage, and transmits the disease to healthy plants (Anonymous, 2010). Until June 2011, the bacteria were detected in 117 municipalities in the Mexican Pacific, and 8 355 trees in

En un estudio realizado por Salcedo *et al.* (2010) sobre el impacto potencial del HLB en México señalan que las pérdidas, en un escenario moderado y con una distribución amplia de HLB, serían de 2.35 millones de toneladas (32% del rendimiento nacional). Indican también que en el sector primario se perderían 12.6 millones de jornales. Diversos métodos y estrategias de control se han empleado para enfrentar tanto el vector como la enfermedad (Chiou, 1998); sin embargo, hasta el momento no se conoce ningún método de erradicación efectivo para el PAC (McFarland y Hoy, 2001).

Diferentes insecticidas químicos se han evaluado contra *D. citri* con resultados satisfactorios (Radke *et al.* 1981; Makar *et al.* 1981; Bahagabati y Nariani, 1983; Dahiya *et al.* 1994; Ahmed *et al.* 2005; Childers y Rogers 2005; Yang *et al.* 2006). El control químico del vector es actualmente el principal método para disminuir los impactos del HLB (Anónimo, 2010), la búsqueda de métodos de aplicación de insecticidas con mayor eficiencia y eficacia es un tema importante ante la presencia del vector y la enfermedad. En una búsqueda continua de productos y métodos de aplicación con menor impacto ambiental, se planteó como objetivo evaluar la eficacia biológica de imidacloprid y espirotetramato aplicados al suelo y follaje y spinosad y avermectina aplicados al follaje de *Citrus latifolia* contra *Diaphorina citri*.

El imidacloprid, ejerce una acción agonista en los receptores postsinápticos de la acetilcolina (Anónimo, 2009), sitio muy específico de los insectos que le confiere baja toxicidad para mamíferos (Liu *et al.* 2005; Phua *et al.* 2009). Por su modo de acción no fácilmente penetra al flujo sanguíneo del cerebro en vertebrados (Haur *et al.* 2009). El espirotetramato se caracteriza por presentar movimiento acropétalo y basipétalo, inhibe la síntesis de lípidos, razón por la cual es particularmente efectivo contra insectos chupadores en las primeras fases de su desarrollo (Nauen *et al.* 2008). A nivel fisiológico bloquea la acción de la acetilcoenzima a carboxilasa (Anónimo, 2009). La avermectina (abamectina), es un compuesto utilizado en el control de parásitos de mamíferos (González *et al.* 2010) y en el control de insectos fitófagos. Es un activador de los canales de cloro y también actúa en el sistema nervioso y muscular (Anónimo, 2009).

El spinosad es un producto obtenido de la fermentación de *Saccharopolyspora spinosa*, un organismo que ocurre naturalmente en el suelo (<http://www.epa.gov/opprd001/factsheets/spinosad.pdf>). El modo de acción es desconocido pero hay evidencias de que actúa a nivel de los receptores de la acetilcolina (Anónimo, 2009).

commercial orchards had been removed (SENASICA, 2011). In a study conducted by Salcedo *et al.* (2010) on the potential impact of HLB in Mexico, they point out that the losses, in a moderate scenario and with a wide distribution of HLB, would be 2.35 million tons (32% of national output).

Different chemical insecticides have been evaluated against *D. citri* with satisfactory results (Radke *et al.* 1981; Makar *et al.* 1981; Bahagabati and Nariani 1983; Dahiya *et al.* 1994; Ahmed *et al.* 2005; Childers and Rogers 2005, Yang *et al.* 2006). Chemical control of the vector is currently the main method for decreasing the impact of HLB (Anonymous, 2010).

Imidacloprid exerts an agonistic action in the postsynaptic receptors of acetylcholine (Anonymous, 2009), a very specific site of the insects, making this chemical compound of low toxicity to mammals (Liu *et al.* 2005; Phua *et al.* 2009). Because of its mode of action, it does not penetrate easily the brain blood flow in vertebrates (Haur *et al.* 2009). The spirotetramat is characterized by presenting acropetal and basipetal movement; it inhibits lipid synthesis, which is why it is particularly effective against sucking insects in the early stages of development (Nauen *et al.* 2008). At the physiological level, it blocks the action of the acetyl-coenzyme A carboxylase (Anonymous, 2009). Avermectin (abamectin) is a compound used in the control of parasites of mammals (González *et al.* 2010) and in the control of phytophagous insects. It is an activator of the chloride channels and also acts on the nervous and muscular systems (Anonymous, 2009).

Spinosad is a product obtained by the fermentation of *Saccharopolyspora spinosa*, an organism that occurs naturally in soil (<http://www.epa.gov/opprd001/factsheets/spinosad.pdf>). Its mode of action is unknown but there is evidence that it acts at the level of the acetylcholine receptors (Anonymous, 2009).

## Materials and methods

**Study site and products evaluated.** The experiment was set in an orchard of six year old Persian limes, with a density of 286 trees per hectare, located on the grounds of the ejido La Fortuna, in the municipality of Tepic, Nayarit, at a height of 743 masl. The trees were pruned before the applications, in order to stimulate their vegetative growth and have enough

## Materiales y métodos

**Sitio de estudio y productos evaluados.** El experimento se estableció en un huerto de lima persa de seis años, con una densidad de 286 árboles por hectárea, ubicado en los terrenos del ejido La Fortuna, en el municipio de Tepic, Nayarit, a una altura de 743 msnm. Se realizó una poda antes de las aplicaciones para estimular el desarrollo vegetativo de los árboles y contar con suficientes brotes jóvenes para el muestreo. Se realizaron dos ensayos. El primero fue del 20 de febrero al 31 de marzo y el segundo del 02 de mayo al 06 de junio de 2011.

Se evaluaron formulaciones comerciales de imidacloprid, espirotetramato, spinosad y avermectina, los dos primeros aplicados al suelo y follaje y los últimos sólo al follaje, los tratamientos se enlistan en el Cuadro 1. Tanto al suelo como al follaje sólo se aplicó en una ocasión. El método y variables evaluadas fueron las mismas en ambos periodos.

**Cuadro 1. Ingredientes activos y dosis de producto comercial evaluados contra *Diaphorina citri* en lima persa (*Citrus latifolia*).  
Table 1. Active ingredients and dose of commercial product evaluated against *Diaphorina citri* in Persian lime (*Citrus latifolia*).**

Tratamiento	g.L <sup>-1</sup> de i. a. en producto comercial	Dosis de producto comercial ml/ha	Aplicación
1) Espirotetramato		400	Suelo
2) Espirotetramato	150	400	Follaje
3) Imidacloprid		300	Suelo
4) Imidacloprid	350	300	Follaje
5) Espinosad <sup>1</sup>		50	Follaje
6) Espinosad	116	100	Follaje
7) Avermectina <sup>2</sup>		100	Follaje
8) Avermectina	18	200	Follaje
9) Testigo absoluto	Testigo absoluto	Sólo agua	

<sup>1</sup>Spinosyn A y D. <sup>2</sup>Mezcla de abamectina B1a al 80% y B1b al 20%.

**Aplicación de los tratamientos al suelo.** En la zona de goteo del árbol se realizaron cuatro perforaciones equidistantes de 20 centímetros de profundidad con un taladro inalámbrico de 10 mm, 9.6 voltios y 1 000 revoluciones por minuto. Se utilizó una broca para concreto de 25 cm de longitud por 0.95 cm de diámetro. La mezcla de agua e insecticida se aplicó con una lanza de inyección colocada en un aspersor manual de mochila de 15 L de capacidad, 87 libras de presión, el gasto de la mezcla de insecticida y agua fue de 1.2 L por árbol. Previo a la aplicación se humedeció el terreno mediante riego por gravedad.

young shoots for the sampling. Two assays were conducted. The first was from February 20 to March 31, and the second one from May 02 to June 6 of 2011.

We evaluated commercial formulations of imidacloprid, spirotetramat, spinosad and avermectin, the first two were applied to the soil and foliage, and the last only to the foliage; the treatments are listed in Table 1. Only once were chemical compounds applied to both soil and foliage. The method and the variables evaluated were the same in both periods.

**Application of soil treatments.** Four equidistant holes, 20 cm deep, were made in the dripping zone of the trees with a cordless drill of 10 mm, 9.6 volts and 1 000 rpm. We used a concrete bit with a length of 25 cm and a diameter of 0.95 cm. The mixture of water and insecticide was applied with an injection lance placed in a 15 L backpack sprayer with 87 pounds of pressure; the use of the mixture of insecticide and water was 1.2 L per tree. The ground was moistened before the application by gravity irrigation.

**Application of foliar treatments.** We used a 15 L backpack sprayer with 87 pounds of pressure, a extension lance and a full cone nozzle. The spray was directed towards to the top of the tree, covering the inside and outside of it. The use of the mixture of water and insecticide was 1 L per tree.

**Variables. Eggs and live nymphs per shoot and percentage of infestation.** *D. citri* has an aggregate distribution within the orchard and occurs mainly in the upper half of the tree (Soemargono *et al.* 2008); because of this, a shoot of approximately 10 cm in length, with a similar

**Aplicación de los tratamientos al follaje.** Se utilizó un aspersor manual de mochila de 15 L de capacidad, 87 libras de presión con lanza de extensión y boquilla de cono lleno. La aspersión se dirigió a la copa del árbol cubriendo la parte interna y externa de ésta. El gasto de la mezcla de agua e insecticida fue de 1 L por árbol.

**Variables. Huevos y ninfas vivas por brote y porcentaje de infestación.** *D. citri* tiene una distribución agregada dentro del huerto y se ocurre principalmente en la mitad superior del árbol (Soemargono *et al.* 2008), por lo anterior en cada punto cardinal del árbol, en la mitad superior, se colectó un brote de aproximadamente 10 cm de longitud de similar grado de desarrollo; en total se colectaron 20 brotes por tratamiento en cada fecha de muestreo. Se contó el total de ninfas y huevos por brote.

Los brotes se colectaron y colocaron en bolsas de papel para transportarse al laboratorio de entomología del Campo Experimental Santiago Ixcuintla, el conteo de huevos y ninfas del PAC se hizo empleando un estereoscopio marca Carl Zeiss. Durante el desarrollo del estudio se registraron temperatura media diaria, humedad relativa y precipitación, los datos se tomaron de la estación climática ubicada en Tepic, Nayarit (21°29'17.3" latitud norte y 104°53'24.2" longitud oeste) de la red estatal del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

**Diseño experimental y análisis estadístico.** Se utilizó un diseño en bloques completos al azar con cinco repeticiones por tratamiento, cada árbol se consideró una repetición. Se realizó un muestreo previo a las aplicaciones. Los datos previos fueron incluidos en el análisis de varianza como una covariable; el análisis de covariable es útil para aumentar la precisión y reducir los errores experimentales (Montgomery, 2008; Cochran y Cox 2008). El análisis estadístico se realizó con el programa SAS versión 9.2 (2008).

El análisis de varianza se realizó con el modelo lineal general. En las variables donde se observaron diferencias significativas ( $\alpha \leq 0.05$ ) entre tratamientos, se realizó comparación de medias con la prueba de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ). En el segundo ensayo se aplicó en árboles diferentes a los del primer ensayo, de acuerdo a Cochran y Cox (2008) esto garantiza independencia entre estudios que se repiten en un mismo espacio y diferente tiempo. El método y variables evaluadas fueron las mismas en ambos periodos.

level of development, was collected at each cardinal point of the tree, in its upper half. A total of 20 shoots per treatment were collected at each sampling date. The total amount of nymphs and eggs was counted per shoot

The shoots were collected and placed in paper bags for transport to the laboratory of entomology of the Santiago Ixcuintla Experimental Field. The counting of PAC eggs and nymphs was done using a Carl Zeiss stereoscope. During the course of the study we recorded daily average temperature, relative humidity and rainfall. The data were taken from the weather station located in Tepic, Nayarit (21° 29' 17.3" N and 104 53' 24.2 "W) of the state network of the National Institute for Forestry, Agriculture and Livestock (INIFAP).

**Experimental design and statistical analysis.** A randomized complete block design with five replicates per treatment was used; each tree was considered a replicate. A sampling was done before the applications. The preliminary data were included in the analysis of variance as a covariate; covariate analysis is useful for increasing the accuracy and reducing the experimental errors (Montgomery, 2008; Cochran and Cox 2008). The statistical analysis was performed using the program SAS, version 9.2 (2008).

The analysis of variance was performed using the general linear model. In the variables where significant differences ( $\alpha \leq 0.05$ ) were observed between treatments, a mean comparison was performed with the Tukey test ( $\alpha \leq 0.05$ ). The second assay was applied to different trees than those used for the first assay, according to Cochran and Cox (2008); this ensures the independence between studies repeated in the same space and different time. The method and the variables evaluated were the same in both periods.

## Results and discussion

### Assay one

**Nymphs per shoot.** In the first sampling we observed, three days after the application, less nymphs than in the control when applying treatments with spirotetramat and imidacloprid to the foliage; the values were 78.8% and 93.54%, respectively. The treatments with imidacloprid, spinosad (0.1 L ha<sup>-1</sup>), and avermectin (0.1 L ha<sup>-1</sup>), applied to the soil, attained second place, with controls of 69.8%,

## Resultados y discusión

### Ensayo uno

**Ninfas por brote.** En el primer muestreo, tres días después de la aplicación, en los tratamientos con espirotetramato e imidacloprid aplicados al follaje se observó 78.8% y 93.54%, respectivamente, menos ninfas que el testigo. En segundo lugar se ubicaron los tratamientos imidacloprid al suelo, spinosad (0.1 L ha<sup>-1</sup>) y avermectina (0.1 L ha<sup>-1</sup>) con un control de 69.8%, 70.6% y 61.6%, respectivamente. Siete días después de la aplicación, hubo diferencias significativas entre tratamientos, en los tratamientos con espirotetramato e imidacloprid aplicados al follaje y avermectina (0.2 L ha<sup>-1</sup>) se observó 34%, 75% y 86.3%, respectivamente, menos ninfas que en el testigo.

En el tercer muestreo, 14 días después de la aplicación, no hubo diferencias significativas ( $\alpha \leq 0.05$ ) entre tratamientos. Finalmente, el promedio con menor infestación de ninfas por brote se observó en los tratamientos con imidacloprid y espirotetramato aplicados al follaje, 67.2% y 87.7%, respectivamente; los tratamientos con espirotetramato e imidacloprid al suelo, spinosad (0.1 L ha<sup>-1</sup>) y avermectina (0.1 L y 0.2 L ha<sup>-1</sup>) fueron iguales estadísticamente entre si y presentaron igual número de ninfas que el testigo. Se observó en el tratamiento con spinosad (0.05 L ha<sup>-1</sup>) una mayor infestación de ninfas.

70.6% and 61.6%, respectively. Seven days after application there were significant differences between the treatments. In the treatments with spirotetramat and imidacloprid applied to the foliage, and in the treatment with avermectin (0.2 L ha<sup>-1</sup>), a decrease in the number of nymphs compared to the control was observed: 34%, 75% and 86.3%, respectively, less nymphs than with the control.

In the third sampling, 14 days after application, there were no significant differences ( $\alpha \leq 0.05$ ) between treatments. Finally, the lowest average of nymphal infestation per shoot was observed in the treatments with imidacloprid and spirotetramat applied to the foliage: 67.2% and 87.7%, respectively; the treatments with spirotetramat and imidacloprid applied to the soil, and with spinosad (0.1 L ha<sup>-1</sup>) and avermectin (0.1 L and 0.2 L ha<sup>-1</sup>) were statistically equal to each other and had the same number of nymphs than the control. An increased infestation of nymphs was observed in the treatment with spinosad (0.05 L ha<sup>-1</sup>).

**Percentage of shoots infested with nymphs.** Three days after the application, only the treatments with imidacloprid and spirotetramat applied to the foliage were different from the absolute control ( $\alpha \leq 0.05$ ) (Table 3). Infestations of shoots with nymphs of 75% and 40% were observed for these treatments, respectively. Imidacloprid applied to the foliage had a greater effect and obtained 63.7% fewer infested shoots than the control. The spirotetramat treatment attained second place with 22.2%.

**Cuadro 2. Ninfas de *Diaphorina citri* ( $\pm$  error estándar) en brotes de lima persa (*Citrus latifolia*) tratados con diferentes productos químicos. La Fortuna, Tepic, Nayarit. 2011.**

**Table 2. *Diaphorina citri* nymphs ( $\pm$  standard error) in shoots of Persian lime (*Citrus latifolia*) treated with different chemical products. La Fortuna, Tepic, Nayarit. 2011.**

Tratamiento (L/ha)	Aplicación	Ninfas por brote <sup>1</sup>				
		Previo	3 dda	7 dda	14 dda	Promedio
Espirotetramato (0.4)	Suelo	9.0 $\pm$ 2.1	18.9 $\pm$ 4.8ab	7.5 $\pm$ 2.7ab	6.3 $\pm$ 4.1	10.9 $\pm$ 2.3ab
Espirotetramato (0.4)	Foliar	4.4 $\pm$ 1.5	7.5 $\pm$ 1.8b	2.9 $\pm$ 2.5b	6.6 $\pm$ 3.9	5.6 $\pm$ 1.6b
Imidacloprid (0.3)	Suelo	9.0 $\pm$ 2.7	10.3 $\pm$ 3.3ab	7.4 $\pm$ 2.0ab	17.8 $\pm$ 10.7	11.8 $\pm$ 3.3ab
Imidacloprid (0.3)	Foliar	4.5 $\pm$ 1.8	2.2 $\pm$ 1.2b	1.1 $\pm$ 0.6b	2.3 $\pm$ 0.9	1.8 $\pm$ 0.5b
Spinosad (0.05)	Foliar	7.0 $\pm$ 2.7	27.2 $\pm$ 5.7ab	22.7 $\pm$ 10.4a	18.0 $\pm$ 8.8	22.8 $\pm$ 4.5a
Spinosad (0.1)	Foliar	10.7 $\pm$ 4.9	10.0 $\pm$ 3.2ab	7.4 $\pm$ 2.6ab	13.2 $\pm$ 9.3	10.2 $\pm$ 2.4ab
Avermectina (0.1)	Foliar	7.5 $\pm$ 1.9	13.1 $\pm$ 3.4ab	7.0 $\pm$ 2.3ab	10.9 $\pm$ 5.2	10.3 $\pm$ 2.1ab
Avermectina (0.1)	Foliar	7.7 $\pm$ 2.43	19.2 $\pm$ 4.72ba	0.6 $\pm$ 0.14b	16.9 $\pm$ 8.1	12.2 $\pm$ 4.05ba
Testigo		6.07 $\pm$ 3.86	34.1 $\pm$ 11.96a	4.4 $\pm$ 2.09ba	5.9 $\pm$ 2.52	17.05 $\pm$ 4.24ba
P value		0.7371	0.0058	0.0196	0.7047	0.0121

<sup>1</sup>dda= días después de la aplicación. Las letras indican diferencias significativas, Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ).

**Porcentaje de brotes infestados con ninfas.** Tres días después de la aplicación, sólo los tratamientos con imidacloprid y espirotetramato al follaje fueron diferentes al testigo absoluto ( $\alpha \leq 0.05$ ) (Cuadro 3). En éstos, se observó una infestación de brotes con ninfas de 75% y 40%, respectivamente. El imidacloprid aplicado al follaje, ejerció mayor efecto y se obtuvo 63.7% menos brotes infestados que en el testigo. En segundo lugar se ubicó el espirotetramato con 22.2%.

**Eggs per shoot.** No significant differences existed between all the sampling dates (Table 4). While there were important numerical differences with respect to the final average, they were not significant ( $\alpha \leq 0.05$ ).

**Percentage of shoots infested with eggs.** The percentage of shoots infested with eggs was not significantly different between treatments, as was the case with the number of eggs per shoot (Table 5).

**Cuadro 3. Porcentaje de brotes infestados ( $\pm$  error estándar) con ninfas de *Diaphorina citri* en lima persa (*Citrus latifolia*) tratados con diferentes productos químicos. La Fortuna, Tepic, Nayarit. 2011.**

**Table 3. Percentage of shoots of Persian lime (*Citrus latifolia*) infested ( $\pm$  standard error) with *Diaphorina citri* nymphs treated with different chemicals. La Fortuna, Tepic, Nayarit. 2011.**

Tratamiento (L p. f./ha)	Aplicación	Porcentaje de brotes infestados con ninfas <sup>1</sup>				
		Previo	3 dda	7 dda	14 dda	Promedio
Espirotetramato (0.4)	Suelo	70.0 $\pm$ 14.6	100 $\pm$ 0.0a	65.0 $\pm$ 18.7	53.2 $\pm$ 20.0	72.7 $\pm$ 3.3bac
Espirotetramato (0.4)	Foliar	75.0 $\pm$ 11.2	75.0 $\pm$ 11.2ba	30.0 $\pm$ 14.6	46.4 $\pm$ 19.9	50.46 $\pm$ 7.3bc
Imidacloprid (0.3)	Suelo	70 $\pm$ 14.6	85.0 $\pm$ 15.0a	75.0 $\pm$ 7.9	66.4 $\pm$ 14.9	75.5 $\pm$ 4.4ab
Imidacloprid (0.3)	Foliar	60.0 $\pm$ 16.9	40.0 $\pm$ 10.0b	40.0 $\pm$ 16.9	53.0 $\pm$ 16.9	44.3 $\pm$ 8.3c
Spinosad (0.05)	Foliar	70.0 $\pm$ 9.4	100.0 $\pm$ 0.0a	60.0 $\pm$ 20.3	66.5 $\pm$ 19.3	76.9 $\pm$ 9.2ab
Spinosad (0.1)	Foliar	70.0 $\pm$ 9.4	95.0 $\pm$ 50.0a	60.0 $\pm$ 20.3	59.8 $\pm$ 19.4	71.6 $\pm$ 5.1abc
Avermectina (0.1)	Foliar	75.0 $\pm$ 11.2	90.0 $\pm$ 6.1a	75.0 $\pm$ 11.2	86.4 $\pm$ 8.3	83.8 $\pm$ 6.1a
Avermectina (0.2)	Foliar	75.0 $\pm$ 15.8	95.0 $\pm$ 5.0a	35.0 $\pm$ 6.1	66.2 $\pm$ 10.6	65.4 $\pm$ 1.9abc
Testigo		60.0 $\pm$ 12.7	100.0 $\pm$ 0.0a	45.0 $\pm$ 18.4	49.8 $\pm$ 21.5	64.9 $\pm$ 9.1abc
P value		0.1868	0.0001	0.7461	0.8447	0.0035

<sup>1</sup>dda= días después de la aplicación. L p. f.= litros de producto formulado. Las letras indican diferencias significativas, Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ).

**Huevos por brote.** No existieron diferencias significativas en todas las fechas de muestreo (Cuadro 4). Si bien hubo diferencias numéricas importantes en el promedio final, éstas no fueron significativas ( $\alpha \leq 0.05$ ).

**Porcentaje de brotes infestados con huevos.** Al igual que el número de huevos por brote, el porcentaje de brotes infestados con estos, no fue significativamente diferentes entre tratamientos (Cuadro 5).

#### Ensayo dos

**Ninfas por brote.** Tres días después de las aplicaciones ocurrió menor número de ninfas en el tratamiento con imidacloprid al follaje, 81.9% menos que el testigo; sin embargo, no hubo diferencias significativas entre los tratamientos con insecticidas (Cuadro 6). Situación similar

#### Assay two

**Nymphs per shoot.** Three days after the applications, there were fewer nymphs in the imidacloprid treatment applied to the foliage, 81.9% less than in the control; however, there were no significant differences between the insecticide treatments (Table 6). A similar situation was observed in the first evaluation, although in the second evaluation the differences with respect to the control were significant. Seven days after the application, the treatment with spirotetramat applied to the foliage, as well as the treatment with imidacloprid applied to the soil and foliage, and the treatments with spinosad (0.1 L ha<sup>-1</sup>) and with avermectin (0.2 L ha<sup>-1</sup>) had significantly fewer nymphs than the control. Compared with the control, the infestation was 98.7%, 80%, 87.6%, 81.4% and 81.6% lower, respectively.

se observó en la primera evaluación aunque en esta segunda evaluación las diferencias respecto al testigo si fueron significativas. A los siete días después de la aplicación, el tratamiento con espirotetramato al follaje, imidacloprid al suelo y follaje, spinosad (0.1 L ha<sup>-1</sup>) y avermectina (0.2 L ha<sup>-1</sup>) registraron significativamente menos ninfas que el testigo. Comparativamente con el testigo la infestación fue 98.7%, 80%, 87.6%, 81.4% y 81.6% menos, respectivamente.

This happened also in the first evaluation, except in the treatment with imidacloprid applied to the soil and in the treatment with spinosad. Ahmed *et al.* (2004), when applying 625 g of product formulated with imidacloprid per hectare of *Citrus reticulata* Blanco, did not observe any differences ( $\alpha \leq 0.05$ ) with respect to the control seven days after the application; however, they observed a decrease in the number of nymphs of 91.47%. 14 days after the

**Cuadro 4. Huevos de *Diaphorina citri* ( $\pm$  error estándar) por brote de lima persa (*Citrus latifolia*) tratados con diferentes productos químicos. La Fortuna, Tepic, Nayarit. 2011.**

**Table 4. *Diaphorina citri* eggs ( $\pm$  SE) per shoot of Persian lime (*Citrus latifolia*) treated with different chemicals. La Fortuna, Tepic, Nayarit. 2011.**

Tratamiento (L p.f./ha) y aplicación		Huevos por brote <sup>1</sup>				
		Previo	3 dda	7 dda	14 dda	Promedio
Espirotetramato (0.4)	Suelo	8.7 $\pm$ 5.2	42.0 $\pm$ 15.5	20.0 $\pm$ 8.1	14.4 $\pm$ 9.3	25.5 $\pm$ 8.9
Espirotetramato (0.4)	Foliar	8.7 $\pm$ 2.8	45.2 $\pm$ 13.6	15.0 $\pm$ 6.9	14.9 $\pm$ 9.3	25.0 $\pm$ 2.6
Imidacloprid (0.3)	Suelo	18.2 $\pm$ 12.3	51.9 $\pm$ 14.1	24.4 $\pm$ 5.7	33.9 $\pm$ 10.8	36.7 $\pm$ 5.5
Imidacloprid (0.3)	Foliar	9.0 $\pm$ 3.3	16.4 $\pm$ 6.0	1.4 $\pm$ 0.6	16.2 $\pm$ 6.2	11.3 $\pm$ 2.5
Spinosad (0.05)	Foliar	9.8 $\pm$ 5.0	38.6 $\pm$ 18.6	22.4 $\pm$ 12.8	27.7 $\pm$ 17.7	31.2 $\pm$ 12.9
Spinosad (0.1)	Foliar	6.0 $\pm$ 2.3	46.3 $\pm$ 15.9	27.7 $\pm$ 20.5	15.8 $\pm$ 6.5	29.9 $\pm$ 7.5
Avermectina (0.1)	Foliar	26.3 $\pm$ 13.6	67.5 $\pm$ 18.6	28.9 $\pm$ 15.6	6.6 $\pm$ 3.4	34.3 $\pm$ 11.0
Avermectina (0.2)	Foliar	19.6 $\pm$ 13.2	48.2 $\pm$ 14.7	6.1 $\pm$ 2.6	5.2 $\pm$ 3.4	19.8 $\pm$ 6.3
Testigo		5.5 $\pm$ 1.7	51.7 $\pm$ 23.9	1.8 $\pm$ 0.9	3.9 $\pm$ 3.4	18.8 $\pm$ 8.1
P value		0.6565	0.7196	0.4548	0.2797	0.4858

<sup>1</sup>dda= días después de la aplicación. L p. f.= litros de producto formulado.

**Cuadro 5. Porcentaje de brotes infestados ( $\pm$  error estándar) con huevos de *Diaphorina citri* en lima persa (*Citrus latifolia*) tratados con diferentes productos químicos. La Fortuna, Tepic, Nayarit. 2011.**

**Table 5. Percentage of shoots of Persian lime (*Citrus latifolia*) infected ( $\pm$  standard error) with *Diaphorina citri* eggs, treated with different chemicals. La Fortuna, Tepic, Nayarit. 2011.**

Tratamiento (L p.f./ha) y aplicación		Porcentaje de brotes infestados con huevos <sup>1</sup>				
		Previo	3 dda	7 dda	14 dda	Promedio
Espirotetramato (0.4)	Suelo	55.0 $\pm$ 20.0	85.0 $\pm$ 10.0	65.0 $\pm$ 18.7	26.6 $\pm$ 19.4	58.9 $\pm$ 13.4
Espirotetramato (0.4)	Foliar	55.0 $\pm$ 14.6	90.0 $\pm$ 10.0	60.0 $\pm$ 16.5	53.0 $\pm$ 16.9	67.7 $\pm$ 8.7
Imidacloprid (0.3)	Suelo	60.0 $\pm$ 16.9	85.0 $\pm$ 6.1	60.0 $\pm$ 10.0	52.8 $\pm$ 8.1	65.9 $\pm$ 6.0
Imidacloprid (0.3)	Foliar	65.0 $\pm$ 10.0	60.0 $\pm$ 16.9	20.0 $\pm$ 9.4	59.8 $\pm$ 19.4	48.7 $\pm$ 8.4
Spinosad (0.05)	Foliar	65.0 $\pm$ 10.0	75.0 $\pm$ 13.7	45.0 $\pm$ 20.0	58.0 $\pm$ 16.0	60.4 $\pm$ 12.5
Spinosad (0.1)	Foliar	55.0 $\pm$ 9.4	85.0 $\pm$ 6.1	45.0 $\pm$ 20.0	26.4 $\pm$ 12.3	53.8 $\pm$ 9.5
Avermectina (0.1)	Foliar	70.0 $\pm$ 14.6	100.0 $\pm$ 0.0	55.0 $\pm$ 20.0	59.6 $\pm$ 16.3	71.5 $\pm$ 9.7
Avermectina (0.2)	Foliar	60.0 $\pm$ 18.7	100.0 $\pm$ 0.0	35.0 $\pm$ 10.0	39.8 $\pm$ 19.4	58.3 $\pm$ 9.3
Testigo		50.0 $\pm$ 7.9	80.0 $\pm$ 20.0	30.0 $\pm$ 14.6	16.5 $\pm$ 9.5	41.1 $\pm$ 10.5
P value		0.2189	0.2331	0.4152	0.5796	0.5555

<sup>1</sup>dda= días después de la aplicación. L p. f.= litros de producto formulado.



**Cuadro 6. Ninfas de *Diaphorina citri* ( $\pm$  error estándar) en brotes de lima persa (*Citrus latifolia*) tratados con diferentes productos químicos. La Fortuna, Tepic, Nayarit. 2011.****Table 6. *Diaphorina citri* nymphs ( $\pm$  standard error) in shoots of Persian lime (*Citrus latifolia*) treated with different chemicals. La Fortuna, Tepic, Nayarit. 2011.**

Tratamiento (L p.f./ha) y aplicación		Ninfas por brote <sup>1</sup>					
		Previo	3 dda	7 dda	14 dda	21 dda	Promedio
Espirotriamato (0.4)	Suelo	26.4 $\pm$ 9.6	22.0 $\pm$ 9.2	8.8 $\pm$ 4.5ab	4.4 $\pm$ 3.2ab	8.6 $\pm$ 4.3	11.9 $\pm$ 5.07ba
Espirotriamato (0.4)	Foliar	20.5 $\pm$ 7.5	8.0 $\pm$ 3.6	0.5 $\pm$ 0.2b	0.5 $\pm$ 0.3b	2.6 $\pm$ 1.5	2.9 $\pm$ 0.6b
Imidacloprid (0.3)	Suelo	37.9 $\pm$ 13.1	10.7 $\pm$ 5.7	8.2 $\pm$ 3.2b	1.4 $\pm$ 0.8b	7.1 $\pm$ 3.8	6.9 $\pm$ 1.7b
Imidacloprid (0.3)	Foliar	6.1 $\pm$ 3.1	3.8 $\pm$ 3.0	5.1 $\pm$ 2.8b	3 $\pm$ 1.4ab	2.3 $\pm$ 1.2	3.5 $\pm$ 1.3b
Spinosad (0.05)	Foliar	34.5 $\pm$ 20.1	20.6 $\pm$ 4.9	12.9 $\pm$ 4.1ab	21.2 $\pm$ 6.9a	21.9 $\pm$ 14.5	19.1 $\pm$ 6.3ab
Spinosad (0.1)	Foliar	41 $\pm$ 21.1	6.5 $\pm$ 4.4	7.7 $\pm$ 7.3b	4 $\pm$ 3.0ab	8.9 $\pm$ 8.6	6.8 $\pm$ 4.6b
Avermectina (0.1)	Foliar	26.5 $\pm$ 12.8	17.7 $\pm$ 13.6	11.1 $\pm$ 5.1ab	5.4 $\pm$ 1.4ab	4.1 $\pm$ 1.5	9.6 $\pm$ 4.6b
Avermectina (0.2)	Foliar	23.8 $\pm$ 11.7	16.2 $\pm$ 6.0	7.6 $\pm$ 4.3b	0.6 $\pm$ 0.3b	2.9 $\pm$ 1.4	7.0 $\pm$ 2.4b
Testigo		46.3 $\pm$ 7.6	21.0 $\pm$ 6.9	41.4 $\pm$ 16.4a	17.3 $\pm$ 7.9ab	32.4 $\pm$ 7.6	28.0 $\pm$ 4.5a
P value		0.2509	0.4181	0.0402	0.0072	0.1062	0.0029

<sup>1</sup>dda= días después de la aplicación. L.p. f.= litros de producto formulado. Medias con diferente letra presentan diferencias significativas, Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ).

Lo anterior ocurrió de igual manera en la primera evaluación excepto en los tratamientos con imidacloprid al suelo y spinosad. Ahmed *et al.* (2004) al aplicar *Citrus reticulata* Blanco 625 g por hectárea de producto formulado con imidacloprid no observaron diferencias ( $\alpha \leq 0.05$ ) respecto al testigo a los siete días después de la aplicación; sin embargo, observaron una disminución de ninfas de 91.47%. A los 14 días después de la aplicación, los tratamientos con espirotetramato al suelo y follaje, imidacloprid al suelo y avermectina en las dos dosis evaluadas, ejercieron un control significativo respecto al testigo (Cuadro 6).

En la última evaluación, 21 días después de la aplicación no se observaron diferencias significativas. Finalmente, el promedio de las observaciones indica una diferencia significativa entre tratamientos. El mayor efecto contra ninfas se obtuvo con los tratamientos de espirotetramato e imidacloprid al follaje con 89.6% y 87.5%, respectivamente. Resultados similares se observaron en la primera evaluación. Childers y Roger (2005) al aplicar 0.4 L ha<sup>-1</sup> de spinosad, observaron 26.25% menos huevos por brote que el testigo a los cinco días después de la aplicación, en cambio en ninfas no observaron diferencias significativas, a los 11, 15 y 19 días después de la aplicación, en el caso de huevos por brote no obtuvieron diferencias significativas, en cambio en ninfas observaron efectos significativos hasta los 11 días con 25.8%.

application, the treatments with spirotetramat applied to the soil and foliage, with imidacloprid applied to the soil, and with avermectin at the two doses evaluated, exerted a significant restricting effect over the nymphs compared to the control (Table 6).

At the last evaluation, 21 days after the application, no significant differences were observed. Finally, the average of the observations indicates a significant difference between the treatments. The greatest effect against the nymphs was obtained by the treatments with spirotetramat and imidacloprid applied to the foliage, with a reduction of 89.6% and 87.5%, respectively. Similar results were observed in the first evaluation. Childers and Roger (2005), when applying 0.4 L ha<sup>-1</sup> of spinosad, observed 26.25% fewer eggs per shoot than with the control five days after the application, but no significant differences were observed in nymphs 11, 15 and 19 days after the application; in the case of eggs per shoot, no significant differences were obtained, but in nymphs significant effects were observed up to 11 days after the application, with a reduction of 25.8%.

Similarly, they evaluated thiametoxam (330 g ha<sup>-1</sup>) against nymphs and observed a reduction of 76.6% compared to the control up to 25 days after the application. They suggest that young trees of between 1 and 1.9 m in height require five to seven days for the systemic products to exert their activity.

De igual manera, evaluaron thiametoxam ( $330 \text{ g ha}^{-1}$ ) contra ninfas y observaron un control 76.6%, respecto al testigo hasta los 25 días después de la aplicación; consideran que árboles jóvenes de entre 1 y 1.9 m de altura requieren de cinco a siete días para que los productos sistémicos ejerzan su actividad.

**Porcentaje de brotes infestados con ninfas.** Tres días después de la aplicación no se observaron diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 7). A los siete días, el porcentaje de brotes infestados se redujo significativamente en los tratamientos con insecticidas, la menor infestación se observó en los tratamientos con espirotetramato al suelo e imidacloprid al follaje (Cuadro 7), resultado similar se observó en la primera evaluación. A los 14 y 21 días después de las aplicaciones las diferencias entre los tratamientos no fueron significativas.

**Cuadro 7. Porcentaje de brotes infestados ( $\pm$  error estándar) con ninfas de *Diaphorina citri* en lima persa (*Citrus latifolia*) tratados con diferentes productos químicos. La Fortuna, Tepic, Nayarit. 2011.**

**Table 7. Percentage of shoots of Persian lime (*Citrus latifolia*) infected ( $\pm$  standard error) with *Diaphorina citri* nymphs, treated with different chemicals. La Fortuna, Tepic, Nayarit. 2011.**

Tratamiento (L p.f./ha) y aplicación		Porcentaje de brotes infestados con ninfas <sup>1</sup>					
		Previo	3 dda	7 dda	14 dda	21 dda	promedio
Espirotetramato (0.4)	Suelo	90.0 $\pm$ 6.1	80.0 $\pm$ 14.5	62.5 $\pm$ 16.1ab	50.0 $\pm$ 20.9	40.0 $\pm$ 16.9	59.6 $\pm$ 14.5abc
Espirotetramato (0.4)	Foliar	85.0 $\pm$ 10.0	35.0 $\pm$ 10.0	20.0 $\pm$ 9.4b	20.0 $\pm$ 9.4	40.0 $\pm$ 16.9	28.8 $\pm$ 7.3c
Imidacloprid (0.3)	Suelo	75.0 $\pm$ 11.2	70.0 $\pm$ 20.0	55.0 $\pm$ 12.2ab	20.0 $\pm$ 12.2	65.0 $\pm$ 15.0	52.5 $\pm$ 8.1abc
Imidacloprid (0.3)	Foliar	50.0 $\pm$ 11.2	45.0 $\pm$ 22.9	60.0 $\pm$ 24.5ab	50.0 $\pm$ 17.7	37.5 $\pm$ 12.5	46.6 $\pm$ 12.3abc
Spinosad (0.05)	Foliar	85.0 $\pm$ 6.1	90.0 $\pm$ 10.0	95.0 $\pm$ 5.0a	85.0 $\pm$ 10.0	75.0 $\pm$ 13.7	86.3 $\pm$ 6.4a
Spinosad (0.1)	Foliar	75.0 $\pm$ 11.2	60.0 $\pm$ 6.1	40.0 $\pm$ 15.0aa	35.0 $\pm$ 10.0	35.0 $\pm$ 16.9	42.5 $\pm$ 9.1bc
Avermectina (0.1)	Foliar	70.0 $\pm$ 14.6	85.0 $\pm$ 17.0	80.0 $\pm$ 9.4ab	75.0 $\pm$ 11.2	40.0 $\pm$ 12.7	70 $\pm$ 5.7ab
Avermectina (0.2)	Foliar	70.0 $\pm$ 20.0	80.0 $\pm$ 20.0	50.0 $\pm$ 22.8ab	25.0 $\pm$ 13.7	65.0 $\pm$ 18.7	55.8 $\pm$ 15.4abc
Testigo		100.0 $\pm$ 0.0	90.0 $\pm$ 6.1	85.0 $\pm$ 10.0a	65.0 $\pm$ 21.8	85.0 $\pm$ 15.0	81.3 $\pm$ 8.8ab
P value		0.0085	0.1126	0.0120	0.0232	0.2289	0.0030

<sup>1</sup>dda= días después de la aplicación. L p. f.= litros de producto formulado. Medias con diferente letra presentan diferencias significativas, Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ).

Respecto al promedio total, el porcentaje de brotes infestados con ninfas en la mayoría de los tratamientos con insecticidas no fue significativamente menor al testigo; no obstante, numéricamente la menor infestación ocurrió en el tratamiento con imidacloprid al follaje, situación similar, aunque con significancia estadística ( $\alpha \leq 0.05$ ) se observó en la primera evaluación. Setamou *et al.* (2010) al aplicar en dos ocasiones  $550 \text{ g ha}^{-1}$  de imidacloprid al suelo alrededor

**Percentage of shoots infested with nymphs.** Three days after the application no significant differences were observed between treatments (Table 7). After seven days, the percentage of infected shoots was significantly reduced in the insecticide treatments; the lowest infestation was observed in the treatments with spirotetramat applied to the soil and with imidacloprid applied to the foliage (Table 7); a similar result was observed in the first evaluation. 14 and 21 days after the application, the differences between treatments were not significant.

Regarding the overall average, the percentage of shoots infested with nymphs in most insecticide treatments was not significantly lower than with the control; however, the lowest numerical infestation occurred in the treatment with imidacloprid applied to the foliage; a similar situation, though with statistical significance ( $\alpha \leq 0.05$ ), was observed in the first evaluation. Setamou *et al.* (2010), when applying

$550 \text{ g ha}^{-1}$  of imidacloprid to the soil around the tree in two occasions to control *D. citri* in grapefruit (*Citrus x paradisi*) observed a reduction of nymphs over 90% up to 11 weeks after the application.

**Eggs per shoot.** Unlike the first evaluation, in the second one significant differences occurred three and seven days after the application. The treatment with fewer eggs per

de la copa del árbol para controlar *D. citri* en toronja (*Citrus x paradisi*) observaron un control de ninfas mayor al 90% hasta las 11 semanas después de la aplicación.

**Huevos por brote.** A diferencia de la primera evaluación, en esta segunda ocurrieron diferencias significativas a los tres y siete días después de la aplicación. El tratamiento con menos huevos por brote (92% menos que el testigo), fue el imidacloprid aplicado al follaje (Cuadro 8). A los siete días después de la aplicación en el testigo se incrementó la infestación de huevos, en cambio en los tratamientos con espirotetramato e imidacloprid al follaje, la infestación se redujo significativamente.

shoot (92% less than the control) was imidacloprid applied to the foliage (Table 8). Seven days after the application, the infestation with eggs increased in the control, whereas in the treatments with spirotetramat and imidacloprid applied to the foliage, the infestation was significantly reduced.

**Percentage of shoots infected with eggs.** Only in the seventh day after the application significant differences between treatments were observed (Table 9). The final average showed statistical equality between insecticide treatments and the absolute control; the same happened in the first evaluation. This could indicate that the treatment of adult *D. citri* with the products and doses evaluated had

**Cuadro 8. Huevos de *Diaphorina citri* ( $\pm$  error estándar) por brote de lima persa (*Citrus latifolia*) tratados con diferentes productos químicos. La Fortuna, Tepic, Nayarit. 2011.**

**Table 8. *Diaphorina citri* eggs ( $\pm$ SE) per shoot of Persian lime (*Citrus latifolia*) treated with different chemicals. La Fortuna, Tepic, Nayarit. 2011.**

Tratamiento (L p. f./ha) y aplicación		Huevos por brote <sup>1</sup>					Promedio
		Previo	3 dda	7 dda	14 dda	21 dda	
Espirotetramato (0.4)	Suelo	19 $\pm$ 5.9	4.4 $\pm$ 2.1b	9.1 $\pm$ 4.6ab	11.1 $\pm$ 4.9	10.1 $\pm$ 5.7	8.7 $\pm$ 2.8
Espirotetramato (0.4)	Foliar	22.1 $\pm$ 12.7	6.4 $\pm$ 0.9b	2.8 $\pm$ 1.3b	12.6 $\pm$ 7.6	2.4 $\pm$ 1.7	6.1 $\pm$ 1.9
Imidacloprid (0.3)	Suelo	35.5 $\pm$ 14.3	8.4 $\pm$ 4.0ab	7.2 $\pm$ 4.8ab	0.5 $\pm$ 0.4	9.8 $\pm$ 8.9	6.5 $\pm$ 1.9
Imidacloprid (0.3)	Foliar	7.0 $\pm$ 3.1	0.8 $\pm$ 0.9b	0.5 $\pm$ 0.5b	1.2 $\pm$ 0.8	1.6 $\pm$ 0.6	1.0 $\pm$ 0.4
Spinosad (0.05)	Foliar	18.3 $\pm$ 8.5	29.5 $\pm$ 9.5a	11.0 $\pm$ 4.7ab	8.2 $\pm$ 3.7	13.2 $\pm$ 4.0	15.5 $\pm$ 4.2
Spinosad (0.1)	Foliar	23.3 $\pm$ 8.9	7.2 $\pm$ 4.1b	18.2 $\pm$ 10.6ab	15.8 $\pm$ 11.2	1.6 $\pm$ 1.0	10.7 $\pm$ 6.4
Avermectina (0.1)	Foliar	8.7 $\pm$ 5.6	16.5 $\pm$ 7.7ab	13.6 $\pm$ 4.2ab	3.2 $\pm$ 2.4	5.1 $\pm$ 2.8	9.6 $\pm$ 2.9
Avermectina (0.2)	Foliar	24.8 $\pm$ 12.8	3.4 $\pm$ 1.5b	4.9 $\pm$ 3.1b	3.4 $\pm$ 1.7	13.4 $\pm$ 9.0	6.1 $\pm$ 2.5
Testigo		38.1 $\pm$ 10.1	10.0 $\pm$ 4.3aa	35.3 $\pm$ 11.7a	3.7 $\pm$ 1.9	10.1 $\pm$ 7.5	14.8 $\pm$ 3.4
P value		0.0319	0.0026	0.0305	0.2951	0.7761	0.1185

<sup>1</sup>dda= días después de la aplicación. L p. f.= litros de producto formulado. Medias con diferente letra presentan diferencias significativas, Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ).

**Porcentaje de brotes infestados con huevos.** Sólo a los siete días después de la aplicación se observaron diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 9). El promedio final mostró igualdad estadística entre los tratamientos con insecticidas y el testigo absoluto, lo mismo ocurrió en la primera evaluación. Lo anterior podría indicar que el control de los adultos de *D. citri* con los productos y dosis evaluadas no tuvo gran impacto; sin embargo, es probable también que ocurriera la llegada de insectos de provenientes de hospedantes no tratados ubicados dentro o cerca del sitio de estudio.

no major impact; however, it is also likely that more insects from untreated hosts located in or near the study site arrived moved to the trees evaluated.

## Conclusions

Of the products evaluated, imidacloprid applied to the foliage had the greatest effect against nymphs; a lower oviposition of *D. citri* was also observed. The spirotetramat exerted

**Cuadro 9. Porcentaje de brotes infestados ( $\pm$  error estándar) con huevos de *Diaphorina citri* en lima persa (*Citrus latifolia*). La Fortuna, Tepic, Nayarit. 2011.**

**Table 9. Percentage of shoots of Persian lime (*Citrus latifolia*) infected ( $\pm$  standard error) with *Diaphorina citri* eggs. La Fortuna, Tepic, Nayarit. 2011.**

Tratamiento (L p.f/ha) y aplicación		Porcentaje de brotes infestados con huevos <sup>1</sup>					
		Previo	3 dda	7 dda	14 dda	21 dda	Promedio
Espirotriamato (0.4)	Suelo	45.0 $\pm$ 12.2	35.0 $\pm$ 16.9	56.2 $\pm$ 25.8ab	40.0 $\pm$ 18.7	25.0 $\pm$ 7.9	39.2 $\pm$ 13.6
Espirotriamato (0.4)	Foliar	60.0 $\pm$ 15.0	35.0 $\pm$ 6.1	20.0 $\pm$ 5.0b	30.0 $\pm$ 14.6	25.0 $\pm$ 11.2	27.5 $\pm$ 4.2
Imidacloprid (0.3)	Suelo	70.0 $\pm$ 14.6	30.0 $\pm$ 14.6	30.0 $\pm$ 18.4ab	10.0 $\pm$ 6.1	25.0 $\pm$ 13.7	23.8 $\pm$ 5.0
Imidacloprid (0.3)	Foliar	35.0 $\pm$ 10.0	5.0 $\pm$ 5.0	10.0 $\pm$ 6.1b	25.0 $\pm$ 19.4	25.0 $\pm$ 10.2	15 $\pm$ 6.7
Spinosad (0.05)	Foliar	85.0 $\pm$ 6.1	55.0 $\pm$ 16.6	50.0 $\pm$ 7.9ab	25.0 $\pm$ 11.2	55.0 $\pm$ 14.6	46.3 $\pm$ 8.9
Spinosad (0.1)	Foliar	65.0 $\pm$ 18.7	25.0 $\pm$ 13.7	50.0 $\pm$ 13.7ab	25.0 $\pm$ 11.2	15.0 $\pm$ 10.0	28.8 $\pm$ 8.3
Avermectina (0.1)	Foliar	35.0 $\pm$ 18.7	55.0 $\pm$ 14.6	60.0 $\pm$ 10.0ab	15.0 $\pm$ 6.1	35.0 $\pm$ 12.7	41.3 $\pm$ 6.4
Avermectina (0.2)	Foliar	45.0 $\pm$ 20.0	15.0 $\pm$ 6.1	37.5 $\pm$ 21.6ab	20.0 $\pm$ 9.3	35.0 $\pm$ 16.9	25.4 $\pm$ 9.5
Testigo		80.0 $\pm$ 14.6	45.0 $\pm$ 12.2	80.0 $\pm$ 12.2a	20.0 $\pm$ 9.3	20.0 $\pm$ 9.4	41.3 $\pm$ 4.2
P value		0.0181	0.1228	0.0150	0.8781	0.5050	0.1061

<sup>1</sup>dda= días después de la aplicación.

## Conclusiones

De los productos evaluados, el imidacloprid aplicado al follaje ejerció mayor efecto contra ninfas y se observó menor oviposición de *D. citri*. El espirotetramato tuvo menor control que el imidacloprid en las dosis evaluadas. Los productos de contacto spinosad y avermectina a las dosis evaluadas ejercieron un efecto no significativo ( $\alpha=0.05$ ) de ninfas de *D. citri*. Con base en los resultados obtenidos, y las diferencias numéricas observadas entre los tratamientos comparados con el testigo absoluto, es recomendable evaluar diferentes dosis para determinar aquellas con efectos altamente significativos y mayor persistencia biológica contra ninfas de *D. citri*. La temperatura media y humedad relativa observadas en el primer ensayo fue de 16.8 °C y 19.1 °C y 64.3% y 54.6%, en los meses de febrero y marzo, respectivamente. En el segundo ensayo fueron de 22.7 °C y 23.9 °C y 57.6% y 65.3%, en los meses de mayo y junio, respectivamente.

En el segundo ensayo ocurrió un incremento en la temperatura de más de 4.5 °C. El número de ninfas por brote se observó en mayor cantidad en el testigo de la segunda evaluación, en cambio en los tratamientos con insecticidas

a lower effect than imidacloprid at the evaluated doses. Contact products spinosad and avermectin, at the evaluated doses, exerted no significant effect ( $\alpha=0.05$ ) against nymphs of *D. citri*. Based on the results obtained, and the numerical differences observed between the treatments compared to the absolute control, it is recommended to evaluate different doses in order to determine those with highly significant effects and greater biological persistence against nymphs of *D. citri*. The average temperature and relative humidity observed in the first assay were 16.8 °C and 19.1 °C, and 64.3% and 54.6%, in the months of February and March, respectively. In the second assay these values were 22.7 °C and 23.9 °C, and 57.6% and 65.3%, in the months of May and June, respectively.

A temperature increase of more than 4.5 °C occurred in the second assay. The observed number of nymphs per shoot was greater in the control of the second evaluation; whereas fewer nymphs per shoot on average were observed in the insecticide treatments. This could indicate a greater effect of insecticides with higher temperatures. In this regard, Boina *et al.* (2009) observed a positive relationship between the increase of temperature and the effect of organophosphate insecticides for the control of nymphs and adults of *D. citri*.

*End of the English version*



se observaron en promedio menos ninfas por brote. Esto podría indicar un mayor efecto de los insecticidas a mayor temperatura. Al respecto Boina *et al.* (2009) observaron una relación positiva en el incremento de la temperatura y el efecto de insecticidas organofosforados en el control de ninfas y adultos *D. citri*.

## Agradecimientos

Este estudio fue financiado por los fondos SAGARPA-CONACYT con el proyecto 2009-108591 y FORDECYT con el proyecto 139259.

## Literatura citada

- Ahmed, S.; Ahmad, N. and Khan, R. R. 2004. Studies on population dynamics and chemical control of Citrus Psylla, *Diaphorina citri*. International J. Agric. Biol. 6(6):970-973.
- Albert, S. H. E. and Manjunath, K. L. M. 2004. Asian citrus psyllids (Sternorrhyncha: Psyllidae) and greening disease of citrus: a literature review and assessment of risk in Florida. Florida Entomologist. 87(3):330-353.
- Anónimo. 2010. Strategic planning for the Florida citrus industry: addressing citrus greening disease. national research council. Washington, D.C. The National Academies Press. United State of America. La Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos lo clasificó como un catálogo. 326 p.
- Aubert, B. 1987. *Trioza erythrae* Del Guercio and *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psylloidea), the two vectors of citrus greening disease: biological aspects and possible control strategies. Fruits. 42:149-162.
- Bahagabati, K. N. and Nariani T. K. 1983. Chemical control of citrus psylla, a vector of citrus greening disease. J.Res. Assam Agricultural University. 4(1):86-88.
- Boina, D. R.; Salyani, M. and Stelinski, L. L. 2009. Chemical control of the Asian Citrus Psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama. Proceedings of Florida State Horticultural Society. 122:176-180.
- Bové, J. M. 2006. Huanglongbing: a destructive, newly emerging, century-old disease of citrus. J. Plant Pathol. 88:7-37.
- Childers, C. C. and Rogers, E. M. 2005. Chemical control and management approaches of the Asian Citrus Psyllid *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera:Psilidae) in Florida Citrus. Proceedings of Florida State Horticultural Society. 110:49-53.
- Chiou, N. C. 1998. Ecology of the insect vectors of citrus systemic diseases and their control in Taiwan. FFTC Publication Database. www.agnet.org/library/eb/459a/ (consultado septiembre, 2007).
- Cochran, W. G. y Cox, M. G. 2008. Diseños experimentales. Ed. Trillas. Reimpresión de la segunda edición. México, D. F. 661 p.
- Dahiya, K. K.; Lakra, R. K.; Dahiya, A. S. and Singh, S. P. 1994 Bioefficacy of some insecticides against citrus psylla, *Diaphorina citri*. Crop Research (Hisar) 8:137-140. European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO). 2005. *Diaphorina citri* Kuwayama. Bulletin 35:331-333.
- Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database (FAOSTAT). 2010. Food and agricultural commodities production. <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx> (consultado agosto, 2010).
- González, C. A.; Fernández, M. M. and Sahagún, P. 2010. Safety of ivermectin: toxicity and adverse reactions in several mammal species. Revista MVZ Cordoba. 15(2):2127-2135.
- Haur, P. D.; Chi, L. C.; Ling, W. M.; Fang, D. J. and Chang, Y. C. 2009. Neonicotinoid insecticides: an emerging cause of acute pesticide poisoning. Clinical Toxicol. 47(4):336-341.
- International Resistance Action Committee (IRAC). 2009. Mode of action and classification. International Resistance Action Committee. Version 6.3. 14 p.
- Liu, Z.; Williamson, M. S.; Lansdell, S. J.; Denholm, I.; Han, Z. and Millar, N. S. 2005. A nicotinic acetylcholine receptor mutation conferring target-site resistance to imidacloprid in *Nilaparvata lugens* (brown planthopper). The National Academy of Sciences of the United State. 102(24):8420-8425.
- Makar, P. V.; Shewale, B. S. and Kharole, V. U. 1981. Chemical control of citrus psylla (*Diaphorina citri*). Pestology 5(5):7-8.
- McFarland, C. and Hoy, M. 2001. Survival of *Diaphorina citri* (Homoptera:Psyllidae), and its two parasitoids, *Tamarixiaradiata* (Hymenoptera: Eulophidae) and *Diaphorencyrtus aligarhensis* (Hymenoptera: Encyrtidae), under different relative humidities and temperature regimes. Florida Entomologist. 84(2):227-233.
- Montgomery, C. D. 2008. Diseño y análisis de experimentos. 2<sup>da</sup>. Edición. Ed. Limusa. México, D. F.
- Nauen, N.; Reckmann, U.; Thomzik, J. and Thielert, W. 2008. Biological profile of spirotetramat (Movento<sup>®</sup>) a new two-way systemic (ambimobile) insecticide against sucking pest species. Bayer Crop Sci. J. 61(2): 245-278.
- Phua, D. H.; Lin, C. C.; Wu, M. L.; Deng, J. F. and Yang, C. C. 2009. Neonicotinoid insecticides: an emerging cause of acute pesticide poisoning. Clinical Toxicol. 47:336-341.
- Radke, S. G.; Ghuguskar, H. T. and Borle, M. N. 1981. Chemical control of the adult citrus psylla, *Diaphorina citri* Kuwayama. The Prv. Res. J. 5(2):148-150.
- Rogers, M. E. and Stansly, P. A. 2006. Biology and management of the asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama, in Florida citrus. Bulletin 739. Institute of Food and Agricultural Sciences of the University of Florida.
- Salcedo, B. D.; Hinojosa, R. A.; Mora, A. G.; Covarrubias, G. I.; De Paolis, F. J. J.; Mora, F. S. y Cíntora, G. C. L. 2010. Evaluación del impacto económico de Huanglongbing (HLB) en la cadena citrícola mexicana. IICA. México, D. F. 144 p.
- Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria, Acuicola y Pesquera (SENASICA). 2009. Notificación oficial No. 5. México. D. F. 10 p.
- Setamou, M.; Rodríguez, D.; Saldana, R.; Schwarzlose, G.; Palrang, D. and Nelson, S. D. 2010. Efficacy and uptake of soil-applied imidacloprid in the control of asian citrus psyllid and a citrus leafminer, two foliar-feeding citrus pests. J. Econ. Entomol. 103(5):1711-1719.

Sistema de Información Agrícola Pesquera (SIAP). 2010 Avances de la producción por sistema producto. <http://reportes.siap.gob.mx>. (consultado septiembre, 2011).

Soemargono, A. Y.; Ibrahim, R. and Shamsudin, O. M. 2008. Spatial distribution of the asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psyllidae) on citrus and orange jasmine. *J. Biosci. (Bangalore)*. 19(2):9-19.

Statistical Analysis System (SAS) Institute. 2008. Language and procedures. Release 9.2. SAS Institute. Cary, North Caroline, USA.

Yang, Y.; Huang, M.; Andrew, G.; Beattie, C.; Xia, Y.; Ouyang, O. and Xiong, J. 2006. Distribution, biology and control of the psyllid *Diaphorina citri* Kuwayama, a major pest of citrus: a status report for China. *International Journal of Pest Management*. 52(4):343-352.